

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

**LIGHT EMITTING ELEMENT OF GALLIUM NITRIDE BASED COMPOUND SEMICONDUCTOR**

Patent Number: JP7015041  
Publication date: 1995-01-17  
Inventor(s): NAKAMURA SHUJI; others: 01  
Applicant(s): NICHIA CHEM IND LTD  
Requested Patent: ☐ JP7015041  
Application Number: JP19930157219 19930628  
Priority Number(s):  
IPC Classification: H01L33/00  
EC Classification:  
Equivalents: JP2785254B2

**Abstract**

**PURPOSE:** To make a gallium nitride based compound semiconductor layer emit light uniformly in the surface and improve light emission output, by adjusting the carrier concentration of an N-type gallium nitride based semiconductor layer and/or a P-type gallium nitride based compound semiconductor layer, so as to be small in accordance with the distance nearer from a light emitting layer.

**CONSTITUTION:** The following are laminated on a substrate 1; an N-type GaN layer 2 as an N-type gallium nitride based compound semiconductor layer, and an N-type Ga<sub>1</sub>-YAl<sub>Y</sub>N layer 3 whose carrier concentration is smaller than the N-type GaN layer 2. The value of Y is adjusted in the range of 0 ≤ Y < 1. An In<sub>X</sub>Ga<sub>1-X</sub> layer 4 as a light emitting layer is laminated where the value of X is adjusted in the range of 0 ≤ X < 1. A P-type Ga<sub>1</sub>-ZAl<sub>Z</sub>N layer 5 whose carrier concentration is larger than the P-type GaN layer 6 whose carrier concentration is larger than the P-type Ga<sub>1</sub>-ZAl<sub>Z</sub>N layer 5 are laminated. The value of Z is adjusted in the range of 0 ≤ Z < 1. Thereby a current can be made to flow uniformly in the whole part of the active layer, and uniform light emission is realized.

Data supplied from the esp@cenet database - I2

特許庁(丁P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開 号

特開平7-15041

(43) 公開日 平成7年(1995)1月17日

特許庁

1 L 33/00

識別記号

庁内整理番号

F I

技術表示箇所

C 7376-4M

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全 5 頁)

特許番号 特開平5-157219

特許日 平成5年(1993)6月28日

(71) 出願人 000226057

日亜化学工業株式会社

徳島県阿南市上中町岡491番地100

(72) 発明者 中村 修二

徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

(72) 発明者 向井 孝志

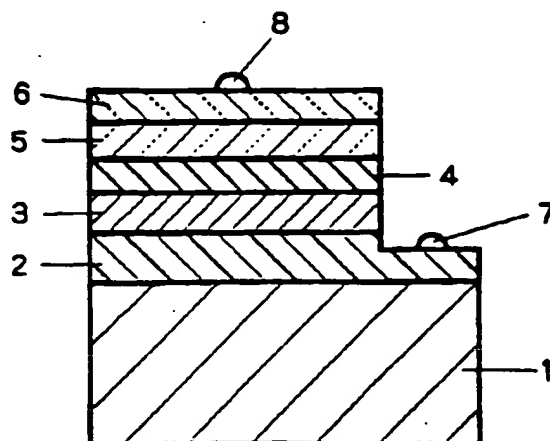
徳島県阿南市上中町岡491番地100 日亜化学工業株式会社内

発明の名称] 窒化ガリウム系化合物半導体発光素子

[要約]

1) 新規なダブルヘテロ構造の発光素子の構造をすることにより、窒化ガリウム系化合物半導体層を二層に発光させ、発光素子の発光出力を向上させる。窒化ガリウム系化合物半導体発光素子のVfを下げ、発光効率を向上させるp-n接合の窒化ガリウム系化合物半導体を用いて発光素子の輝度、および寿命を向上させる。

2) n型窒化ガリウム系化合物半導体層と、p型窒化ガリウム系化合物半導体層との間にn型In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N(0<x<1)層を発光層として具備するダブルヘテロ構造の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子であって、前記n型窒化ガリウム系化合物半導体層、および前記p型窒化ガリウム系化合物半導体層のキャリアが、前記In<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>N層に接近するにつれて、濃度が増える。



R009764

2

02) MIS構造の発光素子の一例として、特開  
252176号公報、特開平3-252177号  
特開平3-252178号公報において、型画

【課題を解決するための手段】我々は特定の窒化ガリウ

3

n型窒化ガリウム系化合物半導体層と、p型窒化ガリウム系化合物半導体層との間にn型 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$  ( $x < 1$ )層を発光層として具備するダブルヘテロ窒化ガリウム系化合物半導体発光素子であって、型窒化ガリウム系化合物半導体層、および/またはp型窒化ガリウム系化合物半導体層のキャリア濃前記 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層に接近するにつれて、小さくように調整されていることを特徴とする。

【08】図1は本発明の一実施例の発光素子の構造模式断面図であり、基板1の上に、n型窒化ガリ化合物半導体層（以下、nクラッド層という。）1、n<sup>+</sup>型Ga<sub>1-z</sub>Al<sub>z</sub>N層2と、n<sup>+</sup>GaN層2よりもキャリア濃度の大きいn型Ga<sub>1-v</sub>Al<sub>v</sub>N層3とを積層し、次に発光層として $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ 層4を積層し、そのp型窒化ガリウム系化合物半導体層（以下、pクラッド層という。）として、p型Ga<sub>1-z</sub>Al<sub>z</sub>N層5、型Ga<sub>1-z</sub>Al<sub>z</sub>N層よりもキャリア濃度の大きいGa<sub>1-z</sub>Al<sub>z</sub>N層6とを順に積層したダブルヘテロ構造と

【09】基板1にはサファイア、SiC、Si、Zn等の材料が使用されるが、通常はサファイアが用いられる。また、n<sup>+</sup>GaN層2を成長させる前に、基板1上にGa<sub>1-z</sub>Al<sub>z</sub>N、AlN等からなるバッファ層を成長させることもよい。

【10】図1では、nクラッド層はn<sup>+</sup>型Ga<sub>1-z</sub>Al<sub>z</sub>N層2とn型Ga<sub>1-v</sub>Al<sub>v</sub>N層3とを積層した2層構造とするが、特にこの層を2層構造とする必要はなく、nクラッド層のキャリア濃度を発光層4に接近するほど小さく調整してあれば、nクラッド層を3層以上積層した多層膜層構造としてもよいことはいうまでもない。好ましくは、最初に成長する層をキャリア濃度の最も低いn<sup>+</sup>型Ga<sub>1-z</sub>Al<sub>z</sub>N層とすることにより、結晶性が最も良くなるため、そのn<sup>+</sup>型Ga<sub>1-z</sub>Al<sub>z</sub>N層の上に成長するn型Ga<sub>1-v</sub>Al<sub>v</sub>N層の結晶性も良くなり発光素子の発光出力を向上する。nクラッド層のキャリア濃度は、窒化ガリウム系化合物半導体にドーピングするSi、Ge、Se、C等のn型ドーパントのドーピング量を適宜変更することにより変化させることができ、前記ドーパントをドープして、キャリア濃度を $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{20}/\text{cm}^3$ の範囲に調整することが好ましい。

【11】発光層3はn型 $\text{In}_x\text{Ga}_{1-x}\text{N}$ とし、x値が大きければ特に限定しないが、 $0 < x < 0.5$ に調整することが好ましい。x値を増加するに従って色は短波長側から長波長側に移行し、x値が1付くまで変化させることができる。しかしながら、x値が1を超えると結晶性が悪くなり、発光出力が低下する。したがって、x値は1以下に調整することが好ましい。

4

ト、またはn型ドーパントと、Zn、Mg、Be、Ca、Sr、Ba等のp型ドーパントとをドーピングしてn型とする方がさらに好ましい。図2は、Znを $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ドーピングしたn型 $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層と、Znを $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ およびSiを $5 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ドーピングしたn型 $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層とにHe-Cdレーザーを照射して、室温でフォトルミネッセンス(PL)を測定し、それらの発光強度を比較して示す図である。Znのみをドーピングした $\text{InGa}_x\text{N}$ 層のスペクトル強度は実際の強度を10倍に拡大して示している。この図に示すように、Znのみをドーピングしたn型 $\text{InGa}_x\text{N}$ のPLスペクトル(b)よりも、SiおよびZnをドーピングしたn型 $\text{InGa}_x\text{N}$ のPLスペクトル(a)の方がその発光強度は(a)の方が10倍以上大きくなり、n型ドーパントとp型ドーパントとを同時にドーピングしてn型とした $\text{InGa}_x\text{N}$ 層を発光層とする素子が最も発光出力に優れている。なおSiのみを $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3$ ドーピングした $\text{In}_{0.15}\text{Ga}_{0.85}\text{N}$ 層の発光スペクトルは410nm付近に発光ピークがあり、その発光強度は(a)のおよそ1/2であった。

【0013】図1において、pクラッド層はp型Ga<sub>1-z</sub>Al<sub>z</sub>N層4と、p<sup>+</sup>型Ga<sub>1-z</sub>Al<sub>z</sub>N層5とを積層した2層構造としているが、nクラッド層と同じく、特にこの層を2層構造とする必要はなく、このpクラッド層のキャリア濃度を発光層4に接近するほど小さく調整してあれば、pクラッド層を3層以上積層した多層膜層構造としてもよい。好ましくは、電極を形成する層をキャリア濃度の最も大きいp<sup>+</sup>型Ga<sub>1-z</sub>Al<sub>z</sub>N層とすることにより、電極材料と好ましいオーミックコンタクトが得られ、発光素子のV<sub>f</sub>を低下させて、発光効率を向上させることができる。また、pクラッド層のキャリア濃度を変化させるには、前記したp型ドーパントのドーピング量を適宜変更することにより実現でき、キャリア濃度を $1 \times 10^{18}/\text{cm}^3 \sim 1 \times 10^{22}/\text{cm}^3$ の範囲に調整することが好ましい。

【0014】さらに、前記pクラッド層は、前にも述べたように我々が先に公開した特開平3-357046号に開示するように、400℃以上でアニーリングすることにより、さらに低抵抗なp型を得ることができ、発光素子の発光出力を向上させることができる。

【0015】

【作用】図1を元に本発明の発光素子の作用を説明する。正電極8と、負電極7とに通電すると、電流は高キャリア濃度のp<sup>+</sup>型Ga<sub>1-z</sub>Al<sub>z</sub>N層6で面内均一に広がる。電流値を増加させ、ある程度の電界がかかると、p<sup>+</sup>型Ga<sub>1-z</sub>Al<sub>z</sub>N層6に広がった電流は低キャリア濃度のp型Ga<sub>1-v</sub>Al<sub>v</sub>N層3とn型Ga<sub>1-v</sub>Al<sub>v</sub>N層3との界面で、n型Ga<sub>1-v</sub>Al<sub>v</sub>N層3に注入され、n型Ga<sub>1-v</sub>Al<sub>v</sub>N層3で再結合して発光する。

5

光出力を増大させることができる。

【16】さらに、nクラッド層で最もキャリア濃度の低い層をGa<sub>0.9</sub>Nと限定することにより、その上に積層したn型Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>N層の結晶性が向上し、結晶性を向上することにより、発光出力を増大させることがで

【17】また、pクラッド層で最もキャリア濃度の低い層をGa<sub>0.9</sub>Nと限定することにより、そのp<sup>+</sup>型Ga<sub>0.9</sub>N層の上に形成する正電極とのオーミック性が良くないfを低下させて発光効率を向上させることができ

【18】

【例】以下有機金属気相成長法により、本発明の発光素子を製造する方法を述べる。

【19】【実施例1】よく洗浄したサファイア基板を反応容器内にセットし、反応容器内を水素で十分置換し、水素を流しながら、基板の温度を1050℃まで上昇させサファイア基板のクリーニングを行う。

【20】続いて、温度を510℃まで下げ、キャリアとして水素、原料ガスとしてアンモニアとTMG（トリメチルガリウム）とを用い、サファイア基板上によりなるバッファ層を約200オングストロームで成長させる。

【21】バッファ層成長後、TMGのみ止めて、温度を1030℃まで上昇させる。1030℃になった後、原料ガスにTMGとアンモニアガス、ドーパントガスにシランガスを用い、Siをドーブしたn<sup>+</sup>型Ga<sub>0.9</sub>N層のキャリア濃度は $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ であ

【22】続いて、シランガスの流量を少なくして、キャリア濃度 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ のn型Ga<sub>0.9</sub>N層を0.5μm成長させる。このようにして、nクラッド層をキャリア濃度の異なる2層構造とする。

【23】n型Ga<sub>0.9</sub>N層成長後、原料ガス、ドーパントガスを止め、温度を800℃にして、キャリアガスを切り替え、原料ガスとしてTMGとTMI（トリインジウム）とアンモニア、ドーパントガスとしてZn（ジエチルジंक）とシランガスとを用い、ZnとSiをドーブしたn型In<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N層を40

【24】次に、原料ガス、ドーパントガスを止め、温度を1020℃まで上昇させ、原料ガスとしてTアンモニア、ドーパントガスとしてCp2Mg（シクロペンタジエニルマグネシウム）とを用い、Mg

6

【0026】p<sup>+</sup>型Ga<sub>0.9</sub>N層成長後、基板を反応容器から取り出し、アニーリング装置にて窒素雰囲気中、700℃で20分間アニーリングを行い、p型Ga<sub>0.9</sub>N層、およびp<sup>+</sup>型Ga<sub>0.9</sub>N層をさらに低抵抗化する。なお、p型Ga<sub>0.9</sub>N層のキャリア濃度は $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、p<sup>+</sup>Ga<sub>0.9</sub>N層のキャリア濃度は $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ であった。

【0027】以上のようにして得られたウエハのpクラッド層、n型In<sub>0.15</sub>Ga<sub>0.85</sub>N層、およびn型Ga<sub>0.9</sub>N層の一部をエッチングにより取り除き、n<sup>+</sup>型Ga<sub>0.9</sub>N層を露出させ、p<sup>+</sup>型Ga<sub>0.9</sub>N層と、n<sup>+</sup>型Ga<sub>0.9</sub>N層とにオーミック電極を設け、500μm角のチップにカットした後、常法に従い発光ダイオードとしたところ、サファイア基板面から観測して全面に均一な発光が得られ、20mAにおいてV<sub>f</sub>4.0V、発光出力700μW、発光波長490nm、輝度1.1cdが得られた。

【0028】【実施例2】実施例1において、n型Ga<sub>0.9</sub>N層を成長する際、新たに原料ガスにTMA（トリメチルアルミニウム）を加え、同じくキャリア濃度 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ のSiドーブn型Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>N層を3.5μm成長させる。

【0029】さらに、p型Ga<sub>0.9</sub>N層を成長する際、新たに原料ガスにTMA（トリメチルアルミニウム）を加え、同じくキャリア濃度 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ のMgドーブp型Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>N層を0.2μm成長させる。

【0030】以上の他は実施例1と同様にして青色発光ダイオードを得たところ、同じく均一な全面発光が得られ、20mAにおいてV<sub>f</sub>4.0V、発光出力700μW、発光波長490nm、輝度1.1cdであった。

【0031】【実施例3】実施例1において、nクラッド層をキャリア濃度 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、膜厚4μmのSiドーブn型Ga<sub>0.9</sub>N層1層とする他は、同様にして青色発光ダイオードを得たところ、同じく均一な全面発光が得られ、20mAにおいてV<sub>f</sub>4.2V、発光出力500μW、発光波長490nm、輝度1cdであった。

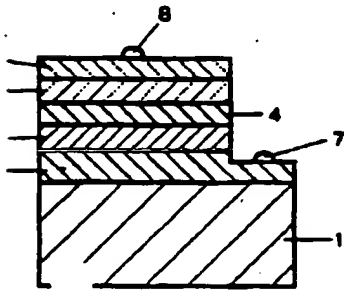
【0032】【実施例4】実施例1において、pクラッド層をキャリア濃度 $1 \times 10^{17} / \text{cm}^3$ 、膜厚0.5μmのMgドーブp<sup>+</sup>型Ga<sub>0.9</sub>N層1層とする他は、同様にして青色発光ダイオードを得たところ、同じく均一な全面発光が得られ、20mAにおいてV<sub>f</sub>4.2V、発光出力500μW、発光波長490nm、輝度1cdであった。

【0033】【実施例5】実施例1において、pクラッド層をキャリア濃度 $1 \times 10^{18} / \text{cm}^3$ 、膜厚0.2μmのMgドーブp型Ga<sub>0.9</sub>Al<sub>0.1</sub>N層1層とする他は同様にして青色発光ダイオードを得たところ、同じく均一な全面発光が得られ、20mAにおいてV<sub>f</sub>10V、発

7

化合物半導体発光素子は、 $n$ 型 $\text{InGaN}$ を発光する $p-n$ 接合のダブルヘテロ構造としている従来のMIS構造の発光素子に比して、格段に発光出力が増大する。また好ましくは $n$ 型 $\text{InGaN}$ は、 $p$ 型ドーパントおよび $n$ 型ドーパントがドーパントであるならば、さらに発光出力が増大する。[35]さらに本発明の発光素子は、 $\text{InGaN}$ 層を $n$ クラッド層、および/または $p$ クラッド層のキャリア濃度を活性層である $\text{InGaN}$ に接近するほど小さくしているため、活性層全体に均一に電流が流れ、均一に光が得られる。発光素子の発光出力を最大にするには、 $n$ クラッド層、 $p$ クラッド層とも前記構造とすることが望ましいが、いずれか一方でもよい。このようにクラッド層を変化させることにより、発光素子の発光を格段に向上させることができる。また、好ましくはクラッド層の電極形成層を $p+\text{GaInN}$ 層とすること

【図1】



8

により、電極とのオーミック性が良くなり $V_f$ を低下させて発光効率を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の一実施例の窒化ガリウム系化合物半導体発光素子の構造を示す模式断面図。

【図2】 ドーパントの違いによる $n$ 型 $\text{InGaIn}$ 層のフォトルミネッセンス強度を比較して示す図。

【符号の説明】

- |             |   |             |     |
|-------------|---|-------------|-----|
| 1 . . . . . | 基板  | 2 . . . . . | $n$ |
| 3 . . . . . | $n$ 型 $\text{GaIn}$ 層                                   | 4 . . . . . | $n$ |
| 5 . . . . . | $n$ 型 $\text{Ga}_{1-x}\text{Al}_x\text{In}_y\text{N}$ 層 | 6 . . . . . | $p$ |
| 7 . . . . . | $p$ 型 $\text{Ga}_{1-z}\text{Al}_z\text{In}_w\text{N}$ 層 | 8 . . . . . | 電極  |

【図2】

